

数理化自学丛书

物 理

第 四 册

数理化自学丛书

物 理

(第 四 册)

数理化自学丛书编委会
物理编写小组编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书介绍了光学和原子物理学的基础知识及实际应用。全书共分十二章。光学部分先叙述光的传播、光学器件、光学仪器、光度学等，然后讨论光的波动性和光的量子性。原子物理学部分依原子的结构、原子核的结构、原子核能、放射性同位素、宇宙射线和基本粒子的次序分章叙述。书中列举许多例题、习题和总复习题，并且在每章末了附有“本章提要”，以供复习巩固之用。

本书可供青年工人、知识青年、在职干部和青年教师阅读。

数理化自学丛书

物 理

(第 四 册)

数理化自学丛书编委会

物 理 编 写 小 组 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

内蒙古人民出版社重印

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华书店发行 内蒙古新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.75 字数 230,000

1965年4月第1版 1980年2月内蒙第1次印刷

印数 000,001—339,200

书 号: 13119·636 定 价: 0.72 元

目 录

重印说明

第一章 光的传播(一) 1

§ 1.1 光源 2

§ 1.2 光的直线传播 3

§ 1.3 象和影 5

§ 1.4 月相 14

§ 1.5 光的传播速度 17

本章提要 21

复习题一 22

第二章 光的传播(二) 23

§ 2.1 在两种媒质界面上的
光现象 23

§ 2.2 光的反射和漫反射 24

§ 2.3 光的折射和全反射 31

§ 2.4 光的吸收和散射 46

本章提要 48

复习题二 50

第三章 光学器件 51

§ 3.1 平面镜. 平面镜成象 51

§ 3.2 球面镜. 球面镜成象 54

§ 3.3 球面镜成象的作图 61

§ 3.4 球面镜成象的公式 68

§ 3.5 平行透明板. 棱镜 78

§ 3.6 透镜 83

§ 3.7 透镜成象 93

§ 3.8 透镜成象的作图 96

§ 3.9 透镜成象的公式 105

§ 3.10 透镜成象的放大率 108

本章提要 114

复习题三 117

第四章 光学仪器 118

§ 4.1 照相机 118

§ 4.2 幻灯机 122

§ 4.3 电影机 124

§ 4.4 眼睛 125

§ 4.5 放大镜 132

§ 4.6 显微镜 135

§ 4.7 望远镜 139

本章提要 144

复习题四 145

第五章 光度学 147

§ 5.1 发光强度 147

§ 5.2 光通量 148

§ 5.3 照度 151

§ 5.4 照度定律 154

§ 5.5 光度计 160

本章提要 163

复习题五 164

第六章 光的波动性 165

§ 6.1 干涉现象 165

§ 6.2 衍射现象 172

§ 6.3 光的色散 175

§ 6.4 虹. 霓. 天空的颜色 179

§ 6.5 物体的颜色 182

§ 6.6 分光镜和摄谱仪 184

§ 6.7 可见光谱 186

§ 6·8 光谱分析·····	188
§ 6·9 红外线、紫外线和伦琴 射线·····	190
§ 6·10 光的电磁本性·····	195
本章提要·····	197
复习题六·····	198
第七章 光的量子性 ·····	199
§ 7·1 光电效应·····	199
§ 7·2 光子说·····	201
§ 7·3 光电管和光导管·····	204
§ 7·4 光的量子性·····	209
§ 7·5 光的波粒二象性·····	211
本章提要·····	213
复习题七·····	214
第八章 原子的结构 ·····	215
§ 8·1 电子的发现——阴极 射线·····	216
§ 8·2 天然放射现象·····	223
§ 8·3 α 粒子的散射实验·····	226
§ 8·4 卢瑟福的原子的核式 结构模型·····	229
§ 8·5 氢原子光谱的实验规 律·····	233
§ 8·6 玻尔的氢原子模型·····	236
§ 8·7 原子的能级·····	243
§ 8·8 其他原子的核外电子·····	249
§ 8·9 化学反应和化学能·····	250
本章提要·····	253
复习题八·····	255
第九章 原子核的结构 ·····	257

§ 9·1 放射性的探测方法和 探测器·····	257
§ 9·2 放射性射线的性质·····	264
§ 9·3 放射性元素的蜕变规 律·····	269
§ 9·4 原子的人为嬗变·····	274
§ 9·5 中子·····	277
§ 9·6 原子核的组成·····	282
本章提要·····	287
复习题九·····	288
第十章 原子核能 ·····	289
§ 10·1 原子核的结合能·····	289
§ 10·2 裂变, 链式反应·····	293
§ 10·3 原子反应堆·····	298
§ 10·4 聚变, 热核反应·····	303
本章提要·····	308
复习题十·····	308
第十一章 放射性同位素 ·····	310
§ 11·1 人工放射性同位素·····	310
§ 11·2 放射性同位素的应用·····	312
本章提要·····	318
复习题十一·····	318
第十二章 宇宙射线和基本 粒子 ·····	319
§ 12·1 宇宙射线·····	319
§ 12·2 基本粒子·····	322
本章提要·····	326
总复习题·····	328
习题答案·····	335

第一章 光的传播(一)

我们生活在充满着阳光的世界里，依靠光和其他仪器的帮助，我们既能够观察广阔的星际宇宙，又能够看清楚肉眼无法辨别的微小物体的结构；在日常生活中，我们也是依靠眼睛等感觉器官来认识周围事物的。光和我们日常生活的关系是如此的密切，以致于在很久以前，人们就怀着很大的兴趣来研究它了。到现在为止，人类在劳动实践中已经积累了很丰富的关于光的知识，并且已经将它广泛地应用在生产和日常生活中了。

光从光源发出来，经过传播，再到达人的眼睛，这个过程很象我们在第三册里已经讨论过的电磁波的发送、传播和接收一样。例如，我们用眼睛直接对着发光的物体时，我们所能看到的将只是一片光亮，正象接收到一个没有经过调制、不带有信号的电磁波一样；但是，当光经过物体表面反射以后，再传到人的眼睛里，我们就会看见物体上很细微的区别，好象收到了关于物体情况的信号；有时候，我们会感到眼睛看见的物体太微小，不能仔细分辨，这时通过仪器同样也可以把它加以放大，使眼睛能够看得清楚。人的一双眼睛，能够看见近处或远处的物体，就象是一副有调节能力的接收器一样。

下面就来讨论光从光源发出、在同一种均匀媒质里传播的规律，和一些常见的光现象。

§ 1.1 光 源

我们很熟悉,有许多物体,象太阳、电灯、火炬和萤火虫,它们都能自己发出光来,而月亮和许多星星,虽然看上去很亮,但它们都不是自己在发光.习惯上,我们把自己能够发光的物体叫做发光体,在物理学上,我们称它为光源.

就常见的光源来说,它们有的是固体,如白炽电灯;有的是气体,如日光灯;有时也有液体发光的,如煤油和松节油在经过紫外线照射以后,在暗室里会发出有颜色的光来.

光源发光,一般是把热转变为光,太阳、弧光灯和火炬等都属于这一类发光的形式,我们称它为热发光;热光源是一种最便利的光源.但是也有很多光源发光,不是把热转变为光,而是把其他形式的能直接转变为光,象日光灯和萤火虫都是,这种发光的形式,我们称它为冷发光.研究的结果知道,冷光源是一种更经济的光源^①.

如果光源是一个很小的发光点,或者光源虽有一定大小的体积,但是比起它与被照射物体的距离来却是很小的,那么这种光源我们称它为点光源.从点光源发出的光,是均匀地向四周放射的.有时候,光源附以适当的装置以后,发出的光不是发散的而是平行的光束(象手电筒或探照灯等),这种光源我们称它为平行光源.

^① 从能量的转换来说,在冷发光的情况下,一般能够把其他形式的能绝大部分转变为光,如萤火虫能把用来发光的那一部分化学能的百分之九十几转变为光.但是,热发光时,效率却没有这样高,如白炽电灯,它只能把所消耗电能的百分之几转变为光,其余百分之九十几的能量都以辐射的形式跑掉了,所以从能量的利用率来说,冷光源是一种较为经济的光源.

有时我们又把光源分为天然光源和人造光源两类，象太阳和其他一些恒星都是天然光源，而白炽电灯和日光灯等都是人造光源。

由于人类掌握了使物体发光的知识，才能制造出各种光源，战胜了黑夜，在夜晚也能象白天一样地生活和工作。

§ 1.2 光的直线传播

从光源发出的光是怎样传播的呢？我们先来讨论光在同一种均匀媒质里传播的情形，例如在密度相同的空气里光的传播。

人们常常看见：从门或窗的狭缝里射进黑暗屋子里来的阳光，在有灰尘悬浮的情况下，清楚地显示出一条细而直的光带（如图 1.1 所示）。所以人们习惯上总是称它做光线（或者称它做一线阳光），这说明：光在空气里是沿着直线方向射进屋子里来的。

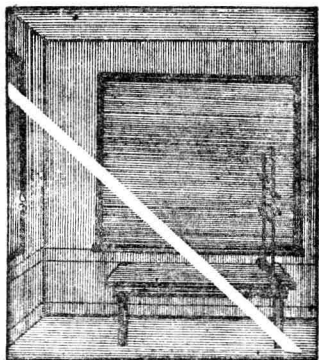


图 1.1 光 线

我们还可以做这样一个简单的实验：两只手分别拿着一块纸板，每块纸板上有一个小孔，让眼睛穿过小孔来观察光源，显然，只有当眼睛、两个小孔和光源恰好是一条直线上的时候，眼睛才能够看见从光源发出的光（如图 1.2 所示）。同样，如果两只手各拿一支同样粗细的铅笔，使两支铅笔和人的眼睛恰好处在同一条直线上，闭上另一只眼睛，这时我们

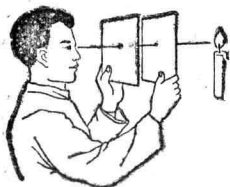


图 1·2

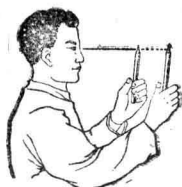


图 1·3

能够看见的将只是离眼睛较近的一支铅笔(如图 1·3 所示)。为什么眼睛看不见另一支铅笔呢?这是因为从另一支铅笔反射到我们眼里的光,被眼前这支铅笔挡住了,所以眼睛不能看见它。以上这些例子都说明: 光在同一种均匀媒质里是沿着直线传播的。

例 1. 用左手拿着一支削尖的铅笔,笔尖向上,放在眼前一定距离处,闭上一只眼睛,这时用右手伸直的食指,从侧面试图去接触笔尖(图 1·4),为什么不容易击中它?如果同时张开两只眼睛,同样用手指去接触它,为什么就容易击中呢?

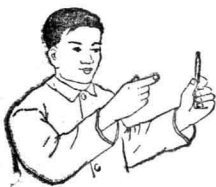


图 1·4

【解】 因为光是沿着直线传播的,当闭上一只眼睛的时候,在 P 处铅笔射出的光,将沿着图 1·5 中 PO_1 的方向射入睁开的那只眼中,

这时眼睛只知道铅笔是处在直线 O_1P 上,但是不能确定它的具体位置是在 P_1 、 P 、 P_2 还是在更远一些的地方,所以这时右手伸出的食指从侧面试图去接触它就不容易准确地击中笔尖。如果你同时睁开两只眼睛来观察,那么,来自笔尖的光,将同时射入你的两只眼睛(如图 1·5 中所示的 PO_1 和 PO_2 两条光线),根据光的直线传播的道理,从两条光线的交

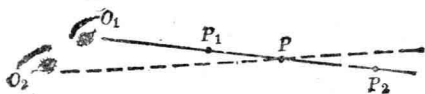


图 1·5

点,就可以判断出铅笔的实际位置是在 P 点,这样用手指就很容易击中它了。这就是我们日常生活中,凭两只眼睛的观察,能够知道周围物体实际位置的缘故。

习 题 1·2

1. 用步枪射击靶子的时候,如果眼睛看过去,靶心和准尖恰好落在标尺的缺口上时,就算瞄准了,这是什么缘故?

2. 有一个人手上拿着一块石子,要使石子落下时恰好击中地上一个很小的目标,他只要用一只眼睛从石子上面往下看,当眼睛看到石子与目标重合时,石子落下来就会击中目标,这是什么缘故?

3. 在纸板上戳一个小洞,通过小洞向外看,为什么小洞离眼睛越近,眼睛看到外面的范围就越大?(做做看,再作图回答。)

§ 1·3 象 和 影

日常生活中的许多光现象,都可以用光的直线传播来解释,例如小孔成像、本影、半影、日食和月食等,它们都是光在同一均匀媒质里直线传播所形成的光现象。

1. 小孔成像 在一块硬纸板上戳一个小针孔,把它对着光源(例如蜡烛火焰)置放着,在纸板的另一侧竖放一片毛玻璃,适当地调节它的位置,在毛玻璃上出现的就不是一片均匀的光亮或小孔的形象,而是光源清晰的倒象,这个现象,我们称它做小孔成像。如果把有小孔的纸板和毛玻璃做成象图

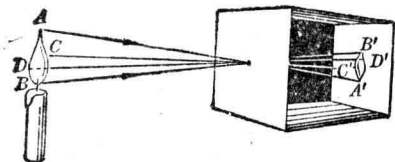


图1·6 小孔成象

1·6 所示那种暗箱的样子，它就成了一个最简单的照相机了（关于照相机的原理我们以后还要详细介绍）。

光源发出的光，经过小孔以后，为什么会在毛玻璃上印出它的倒象来呢？

我们知道，光源射出的光，是向四周直线传播出去的，它的任何一个发光点只能在沿着与小孔成一直线方向的毛玻璃上形成一个光斑，其他的光线都被纸板挡住了，所以光源的每一个发光点，都将对应地在毛玻璃上留下一个光斑，这许许多多小光斑集合起来，就形成了光源的象。很明显，这个象跟光源比较起来，是上下倒置和左右互换的，图1·7清楚地说明了这一点。

2. 本影和半影 如果有一个点光源，照在一个不透明的

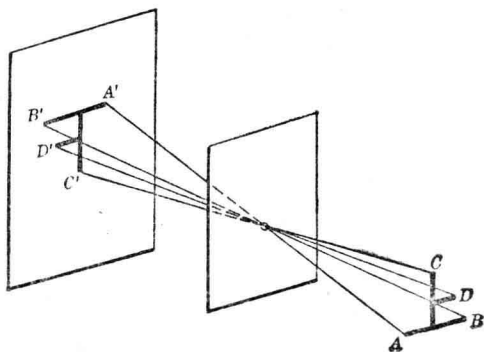


图1·7

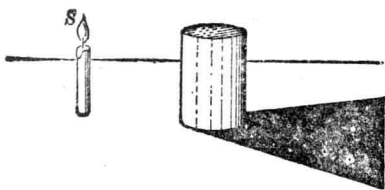


图 1·8

物体上，沿着直线传播的光线，就被物体遮挡住了，在物体的后面，受不到光的照射的地方，形成一个完全黑暗的阴影区，

称做物体的**本影**。在图 1·8 中，一个火焰很小的蜡烛(近似地看成是一个点光源)照在竖立在桌面上的圆柱体上，在圆柱体后的桌面上，就出现它的本影。

如果有两个点光源，分别从两个地方照在同一个物体上，这时在物体后面，不仅有完全不受光照的阴影区(物体的本影)存在，还会有半阴暗的阴影区存在，这个半阴暗的阴影区，叫做物体的**半影**。在图 1·9 中，有两个小蜡烛照在圆柱体上，在物体后面桌面上那个完全黑暗的锥形阴影就是它的本影，周围半阴暗的阴影，就是它的半影。在本影里，无论光源的那一点所发出的光都不能到达，所以它是完全黑暗的；在半影里，它能够受到光源中某一点或某一部分的照射，但是不能受到光源上另一点或另一些部分的照射，所以它是半阴暗的。在图 1·9 中，半影区中 H_1 部分能够受到光源 S_2 的照射，但是不能受到光源 S_1 的照射；半影区中 H_2 部分则能够受到光源 S_1 的照射，但不能受到光源 S_2 的照射；在 H_1 和 H_2 以外的地方，则既能受到光源 S_1 的照射，又能受到光源 S_2 的照射，所以是完全明亮的；这样，在桌面上就有了三个明暗不同的区

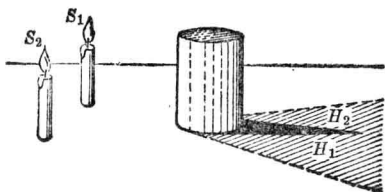


图 1·9

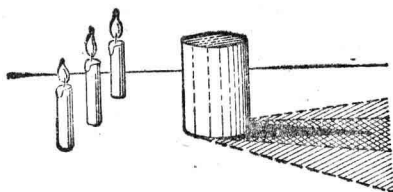


图 1·10

域。

如果有两个以上的点光源同时照在物体上，这时半影区本身也有了阴暗程度的不同。如图 1·10 所示，三支小蜡烛照在物体上，靠近本影的半影区比较阴暗一些，再外面一点的半影区就比较明亮一些；同样，半影以外的地方则是完全明亮的，因为无论光源的哪一点所发出的光线，都能同时射到那儿去。

如果，光源不是几个孤立的发光点，而是一个体积很大的发光体，这时我们可以把它看成是许多小发光点的组合，物体半影区的阴暗程度也有了连续的变化，越靠近本影的地方越暗，从里到外逐渐变得明亮一些。当然，在半影区外面的地方，则是完全明亮的。本影和半影的形成，都是光的直线传播的结果。

从以上几种情况可以看出，当光源是一个点光源的时候，物体只存在本影，不存在半影，物体的影子也最清晰；当两个或两个以上点光源同时射在物体上时，物体后面就生成本影和半影。光源分布的区域比物体小的时候，物体后面的本影是发散的(图 1·8)；光源分布的区域如果比物体大，则物体后面的本影就是收敛的(图 1·9 和图 1·10)。在光源离开被照射物体距离相等的情况下，光源越大，本影就越小，所以太阳光照射在电线杆上，我们在地面上总是看不见电线的影子。在医院的外科手术室里，就用一个分布区域比较大的光源来照亮手术台，因为它的分布区域比较大，在动手术时，手下面不会产生阴影，所以这种灯叫做无影手术灯(图 1·11)。一般



图 1·11

室内照明,也都喜欢应用面积较大或较分散的光源来照明,以减小室内物体所产生的阴影。

3. 日食 从光源发出的光,沿着直线向四周传播出去,投射在不透明的物体上,就会形成影;自然现象中日食和月食,也可以用成影的原理来解释。

太阳是一个庞大的天然光源,地球和月球本身又都不发光,太阳光照在月球表面,反射到人的眼里,我们就觉得月球很亮,如果没有太阳光射到月球表面上去,我们就不会看见月球。

月球是绕着地球运转的,地球又围绕着太阳公转着,这样,月球就有机会跟太阳、地球处在同一条直线上。当月球运行到太阳和地球之间时,它的影子可能投射到地球表面上来,于是发生了日食(图 1·12)。地球上处在月球本影区域里的

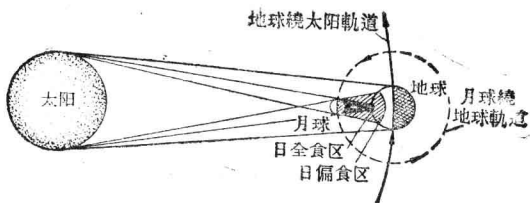


图 1·12 日食的成因

人,这时完全看不到太阳(整个太阳都被月球遮住了),这叫做日全食(图 1·13)。日全食时,看上去天色很昏暗,好象是黄昏一样,天上的星星也能看得见。在月球的半影区域里的人们,这时看见太阳缺了一部分,这部分被月球遮住了,就叫做日偏食^①(图 1·14)。从图 1·12 和图 1·14 可以知道,发生日食的时候,并不是地球上所有的地区都能看见日食,例如 1955 年 6

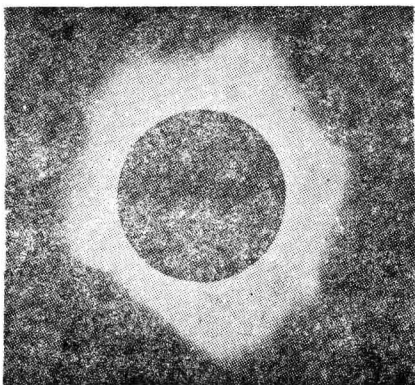


图 1·13 日全食

^① 除了日全食和日偏食以外,还有所谓日环食。被月球本影的延长线笼罩着的地区,如图 1·15 中的 C 区,就会看到日环食,这时太阳当中阴暗,周围有很光亮的一圈,象一个光环。在图中的区域 A 和 B 中,将会分别看到日偏食和日全食。

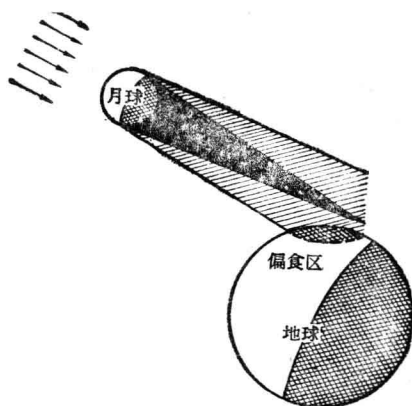


图 1·14 日 偏 食

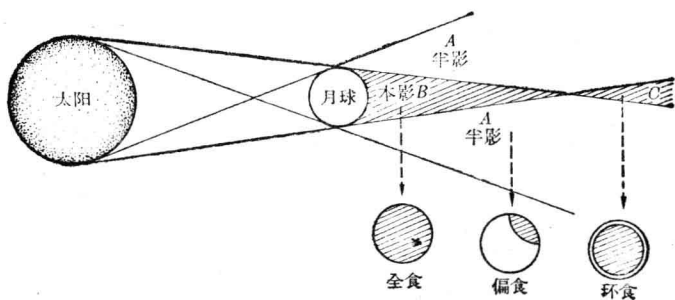


图 1·15

月 20 日所发生的一次日食，只有我国南沙群岛、菲律宾群岛等地的人能够看见。在观察日食的时候，不要用眼睛直接去观察，避免强烈的太阳光伤害眼睛，人们常常隔着熏黑了的玻璃片去看太阳，或者用面盆盛一盆水，里面倒入一些墨汁，把它对着太阳，然后在面盆里可观察日食的情况。

4. 月食 当月球运行到地球的本影里的时候,背着太阳半球上的人,看见原来的圆月变暗了,这叫做月食(图 1·16). 整个月球全部进入地球的本影里叫月全食; 如果月球只有一部分被地球的本影掩蔽,这叫做月偏食. 图 1·17 就是一次月偏食经过的过程. 左上方的第一图是月球刚刚进入地球阴影里时的情况,之后就渐渐有更多的部分进入地球的阴影中,右下角的一张图是这次月偏食中月球被地球的阴影掩蔽得最多时的情形,在这以后,月球又逐渐离开地球的阴影区,直到整个月球都显露出来.

跟月食的情况不同,日食只能在地面上一个狭小的地区内可以看到,月球阴影投射不到的地方看不到日食,而发生月

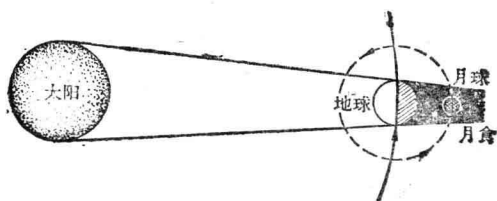


图 1·16 月食的成因

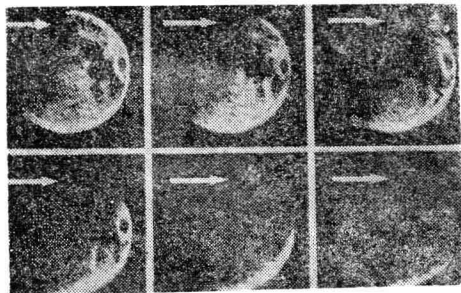


图 1.17